

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2006/2007  
*Peperiksaan Semester Pertama*  
*Sidang Akademik 2006/2007*

Oktober/November 2006

## **EBP 306E/3 – Properties And Testing Of Polymers** *EBP 306E/3 – Sifat-sifat Dan Pengujian Polimer*

Time : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

Please ensure that this paper consists of TWELVE printed pages before you proceed with the examination.

This question paper contains SEVEN questions.

Answer any FIVE questions. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

Answer to each and every question must start on a new page.

All questions must be answered in English. However, TWO questions can be answered in Bahasa Malaysia.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUABELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

*Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.*

*Jawab LIMA soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.*

*Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.*

*Jawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris. Walau bagaimanapun, DUA soalan dibenarkan dijawab dalam Bahasa Malaysia.*

1. [a] A block of cross-linked polyisoprene in a form of a cube of side 100 mm, is tested at a temperature of 27 °C. Axes X, Y, and Z are chosen parallel to the edges of the cube. A compressive force,  $F_x$  is applied in the X-direction, to reduce the X-dimension to 75 mm. Calculate the values of:
- (i) tensile modulus
  - (ii) shear modulus
  - (iii) force in the X-direction
  - (iv) new dimensions of Y and Z.

States clearly any assumption made in your calculations.

Given:

Average molecular weight between cross-links = 5000

Density of rubber =  $900 \text{ kgm}^{-3}$

Avogadro's number =  $6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmann's constant =  $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

(80 marks)

Satu blok poliisoprena yang tersambung-silang berbentuk kiub dengan dimensi 100mm, diuji pada 27 °C. Paksi X, Y, dan Z adalah selari dengan sisi kiub tersebut. Satu daya mampatan,  $F_x$  telah dikenakan dalam arah X untuk mengurangkan dimensi dalam arah X menjadi 75mm. Tentukan nilai:

- (i) modulus tensil
- (ii) modulus ricih
- (iii) daya dalam arah X
- (iv) dimensi baru bagi Y dan Z

Terangkan dengan jelas sebarang anggapan yang dibuat dalam pengiraan anda.

Diberi:

Purata berat molekul antara titik sambung-silang = 5000

Ketumpatan getah =  $900 \text{ kgm}^{-3}$

Nombor Avogadro =  $6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Pemalar Boltzmann =  $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

(80 markah)

- [b] Write a short note on network defects and its influence on the mechanical properties of rubber.

(20 marks)

Tuliskan satu nota ringkas tentang kecacatan rangkaian dan kesannya ke atas sifat mekanik getah.

(20 markah)

3. [a] Table 1 shows the effects of temperature and strain rate on the yielding behavior of acrylonitrile butadiene styrene (ABS).

Temperature (°C)	Strain rate ( $\text{s}^{-1}$ )	Yield stress ( $\text{MNm}^{-2}$ )
20	$10^{-4}$	44.0
20	$10^{-2}$	53.2
-60	$10^{-2}$	75.7
-60	$10^{-4}$	69.0

Calculate:

- (i) the activation enthalpy
- (ii) the activation volume
- (iii) the yield stress if the test is done at 0 °C using a strain rate of  $10^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

Describe other factors which determine the yielding behaviour of polymeric materials.

(80 marks)

...6/-

Jadual 1 menunjukkan kesan suhu dan kadar cepat terikan ke atas kelakuan alah bagi akrilonitril butadiena stirena (ABS).

Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kadar cepat terikan ( $\text{s}^{-1}$ )	Tegasan alah ( $\text{MNm}^{-2}$ )
20	$10^{-4}$	44.0
20	$10^{-2}$	53.2
-60	$10^{-2}$	75.7
-60	$10^{-4}$	69.0

Tentukan:

- (i) entalpi pengaktifan
- (ii) isipadu pengaktifan
- (iii) tegasan alah sekiranya ujian di jalankan pada  $0^{\circ}\text{C}$  menggunakan kadar cepat terikan  $10^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

Terangkan faktor lain yang mempengaruhi kelakuan alah bagi bahan polimer.

(80 markah)

- [b] Write a short note on 'Considere' construction

(20 marks)

Tuliskan nota ringkas tentang pembinaan 'Considere'

(20 markah)

4. [a] Samples of polycarbonate (PC) in the form of rectangular bars with a thickness and width of 5 mm and 10 mm, respectively were subjected to three point bending tests at 27°C. Assuming that PC has a fracture energy of  $1.5 \text{ kJ m}^{-2}$  under plane strain condition, calculate:
- (i) the force needed to fracture the bar when the sample has a central edge crack of length of 5 mm.
  - (ii) the minimum crack length to initiate brittle fracture before yield.

Given:

Span to width ratio = 8

Shear modulus at 27°C =  $1.14 \text{ G Nm}^{-2}$

Yield stress =  $64 \text{ MNm}^{-2}$

Poisson's ratio = 0.4

Specimen geometrical correction factor is given by

$$Y = 1.11 - 1.55 (a/W) + 7.71 (a/W)^2 - 13.5 (a/W)^3 + 14.2 (a/W)^4$$

(70 marks)

...8/-

Sampel polikarbonat (PC) berbentuk segi empat, masing-masing dengan ketebalan dan kelebaran 5mm dan 10 mm telah dikenakan ujian pembengkokan 3-titik pada 27°C. Sekiranya PC mempunyai tenaga rekahan setinggi  $1.5 \text{ kJ m}^{-2}$  di bawah keadaan terikan satah, tentukan:

- (i) daya yang diperlukan untuk mematahkan sampel yang mempunyai retak di tengah yang berukuran 5 mm.
- (ii) nilai minimum panjang retak untuk memulakan rekahan rapuh sebelum berlakunya alah.

Diberi:

Nisbah span ke lebar = 8

Modulus ricih pada 27°C =  $1.14 \text{ G Nm}^{-2}$

Tegasan alah =  $64 \text{ MNm}^{-2}$

Nisbah Poisson = 0.4

Faktor pembetulan geometri specimen diberikan oleh

$$Y = 1.11 - 1.55 (a/W) + 7.71 (a/W)^2 - 13.5 (a/W)^3 + 14.2 (a/W)^4$$

(70 markah)

- [b] Discuss the shortcomings of conventional impact test in characterizing the toughness property of polymeric materials.

(30 marks)

Bincangkan kelemahan ujian hentaman konvensional dalam mencirikan sifat keliatan bahan polimer.

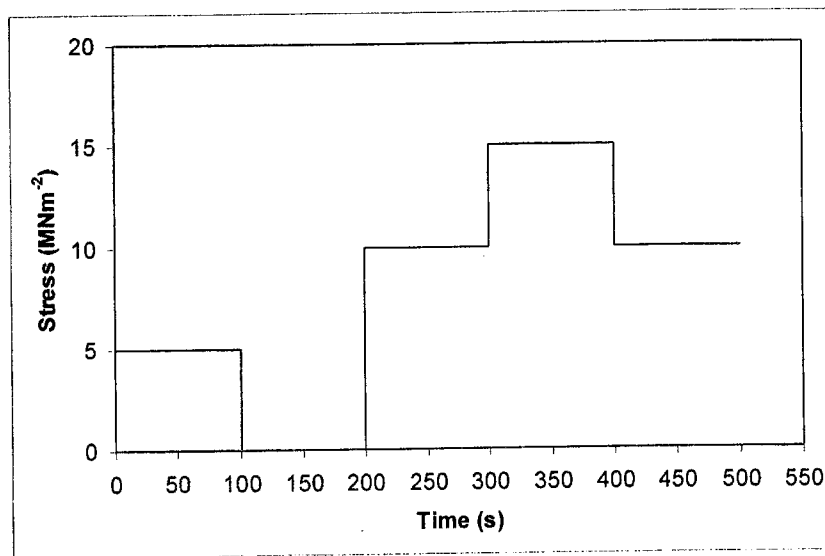
(30 markah)

5. (a) A Maxwell model is used to describe the creep behaviour of a thermoplastic. By referring to the the applied stress history shown below, predict the strains in the material after 250, 350 and 450 seconds.

Given:

Spring constant =  $20 \text{ GNm}^{-2}$

Dashpot constant =  $1000 \text{ GNsm}^{-2}$



(60 marks)

...10/-

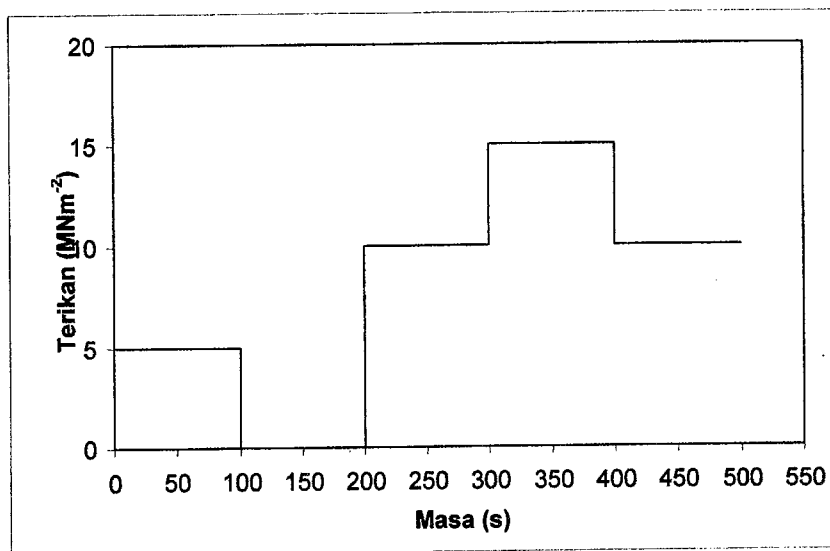


*Model Maxwell telah digunakan untuk menerangkan kelakuan krip bagi suatu termoplastik. Dengan merujuk kepada sejarah pembebanan yang diberikan dalam rajah di bawah, ramalkan terikan dalam bahan selepas 250, 350 dan 450 saat.*

*Diberi:*

*Pemalar spring =  $20 \text{ GNm}^{-2}$*

*Pemalar Dashpot =  $1000 \text{ GNsm}^{-2}$*



(60 markah)

- [b] Describe the importance and implications of viscoelasticity behaviours in the designing of engineering product from polymeric materials.

(40 marks)

*Huraikan kepentingan dan implikasi kelakuan likat kenyal di dalam merekabentuk suatu produk kejuruteraan daripada bahan polimer.*

(40 markah)

6. [a] By referring to suitable examples, describe the influence of microstructure on the properties of polymers.

(60 marks)

*Dengan merujuk kepada beberapa contoh yang sesuai, jelaskan pengaruh mikrostruktur ke atas sifat polimer.*

(60 markah)

- [b] From statistical theory, strain energy  $W$ , of an elastomer can be given as:

$$W = \frac{1}{2} NkT (\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - 3)$$

Derive stress-strain equations for uniaxial tension and simple shear. Discuss the relationships between theoretical predictions and the experimental data for both modes of deformation.

(40 marks)

*Dari teori statistik, tenaga terikan  $W$ , untuk suatu bahan elastomer diberikan sebagai:*

$$W = \frac{1}{2} NkT (\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - 3)$$

*Terbitkan persamaan bagi perhubungan tegasan-terikan untuk tegasan unipaksi dan ricih mudah. Terangkan hubungkait di antara pemerhatian eksperimen dan teori bagi kedua-dua mod canggaan tersebut.*

(40 markah)

7. The viscoelastic behaviour of polymers can be simulated by using simple mathematical models. Describe how the viscoelasticity behaviours can be represented by:
- (a) Maxwell model
  - (b) Kelvin-Voigt model

Prove the suitability of both model in displaying the creep and stress relaxation behaviours of polymeric materials.

(100 marks)

*Kelakuan likat kenyal polimer boleh disimulasikan dengan menggunakan beberapa model matematik mudah. Terangkan bagaimana kelakuan likat kenyal dapat diwakili oleh:*

- (a) Model Maxwell*
- (b) Model Kelvin-Voigt*

*Buktikan kesesuaian kedua-dua model tersebut dalam memperlihatkan tabiat krip dan kekenduran tegasan bagi bahan polimer.*

*(100 markah)*